

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2023

課題番号：17K07840

研究課題名（和文）酷暑がヒノキの花粉生産と幹成長に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of intense summer heat on pollen production and stem growth of Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*)

研究代表者

中西 麻美 (Nakanishi, Asami)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・助教

研究者番号：60273497

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：花粉症対策に資する情報を得るため、気象条件および土壌条件がヒノキの雄花生産に及ぼす影響を明らかにした。京都府の林分では土壌の窒素資源量および水分が大きいほどヒノキの雄花生産量が大きい傾向が認められた。花芽形成期の気象条件として京都府の林分は気温と降水量が重要であったが、高知県の林分では降水量にのみ影響が認められた。このことから、ヒノキの雄花生産に気象条件が及ぼす影響は地域によって異なることが示唆された。花芽形成期の気温が高いほどヒノキの雄花生産が促進される一方で、降水量には抑制効果があることから、気温上昇環境下ではヒノキの花芽形成に降水量が及ぼす影響がより強くなることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動に伴う気温上昇によってヒノキの雄花生産量が増加することが懸念されるため、ヒノキの雄花生産と気象条件の関係について明らかにする必要がある。約20年間の観測においてヒノキ雄花の生産が気温上昇に伴って増大しないことを予測し、気温上昇環境下におけるヒノキの花芽形成期の気象条件として、花芽形成を抑制する降水量の影響が一層重要になることを示した。この知見は花粉飛散量の将来予測に資するものと考えられる。また、花粉症対策に資する情報として、花芽形成に重要な時期を絞り込むことで花粉飛散予測精度が向上する可能性と、土壌の窒素資源量および含水率がヒノキの雄花生産量の指標として有効である可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：The effects of weather and soil environmental conditions on pollen cone production of hinoki cypress were investigated to obtain information contributing to pollinosis control. In the stands of Kyoto Prefecture, pollen cone production of hinoki cypress tended to be greater as soil nitrogen availability and soil moisture content increased. Temperature and precipitation were important climatic conditions during flower bud formation in the stands of Kyoto Prefecture, while only precipitation had an effect in the stands of Kochi Prefecture. This suggests that the effect of climatic conditions on pollen cone production of hinoki cypress varies by region. Higher temperatures during flower bud formation promoted pollen cone production of hinoki cypress, while precipitation had a suppressive effect, suggesting that the impact of precipitation on flower bud formation is stronger under elevated temperature conditions.

研究分野：森林生態学

キーワード：ヒノキ 雄花生産量 幹生産 花粉症 ヒノキ花粉 土壌水分 窒素

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スギ花粉症をはじめとして花粉症の有病率が増加傾向にある(松原ら 2020)。ヒノキ花粉はスギ花粉と同様に日本の花粉症の原因物質である。スギは定点で目視による雄花の着花量調査による花粉飛散量の予測が行われるなど、花粉症対策が進んでいる一方、ヒノキの雄花は非常に小さく目視による観察が困難で、スギと同様の観測や予測はなされていない。ヒノキは天然分布域がスギよりも狭く、東日本では人工林面積が少ないが、ヒノキの花粉飛散量が関東地域で増加している(佐橋 2009, 2014)。したがって、ヒノキ花粉についても情報収集と対策が急務である。

ヒノキの花芽は夏に形成されるため(橋詰 1963)、夏の気象条件が高温・多照・少雨であった場合に、翌年のヒノキの雄花生産量が大きくなる傾向が知られている。近年の気候変動によって気温が上昇傾向にあるため、酷暑がヒノキの雄花生産を増加させることが懸念される。

樹木の成長にとって窒素は重要な資源であり、繁殖器官の生産にも影響を及ぼす。このため、土壌の窒素資源量が大きい肥沃な林分ほど酷暑によって、多くのヒノキ雄花が生産される可能性が考えられる。また、肥沃な林分では幹成長が大きくなり、雄花生産量も大きいことが予想されるが、幹生産量と雄花生産量を同時に観測して評価した事例は乏しい。花粉症の原因物質でもあり、木材資源として有用なヒノキについて、異なる環境条件、林分条件において幹生産と雄花生産を評価することは花粉症対策を進める上で必要と考えられる。

2. 研究の目的

花粉症対策に資する情報を得るために、気象条件および立地環境条件がヒノキの雄花生産量に及ぼす影響について明らかにする。

(1) 酷暑がヒノキの雄花生産に及ぼす影響

ヒノキの雄花生産量に夏の気温上昇による影響が認められるのか否かを明らかにするとともに、ヒノキの雄花生産量と気象条件との関係について明らかにする。

(2) 雄花生産量と土壌条件との関係

京都府と高知県において、それぞれ複数の調査林分を設定することにより、ヒノキの雄花生産量への土壌条件による影響を明らかにする。

(3) 雄花と幹の生産量の評価

ヒノキの幹生産量に対する雄花生産量について評価を行い、高知県内の人工林では間伐率の違いが及ぼす影響を明らかにする。さらに、高知県と京都府の林分における地域性と気象条件の影響を評価する。

3. 研究の方法

京都府の天然更新した二次林(12林分)と人工林(1林分)、高知県の間伐率が異なる人工林(11林分)を調査林分とした。調査林分は京都府では綾部市(府北部)に2林分、京都市(府南部)に11林分、高知県は津野町の3地域と高知市に11林分を設置した。津野町の2地域については、無間伐の対照区のほか、間伐率25%、50%、75%の3つの間伐区をそれぞれ設定し、同町内のもう1地域に無間伐の対照区と間伐率50%の間伐区を設定した。高知市の1林分では過去に間伐が3度実施されていた。雄花生産量の観測は、リタートラップ法を用いて落下雄花を採取して行った。直径および樹高を測定して幹生産量を推定した。

調査林分に最寄りの気象台と観測所の気象データを用いて、花芽形成期の気象条件と雄花生産量との関係について解析を行った。できる限りの長期データによる解析を行うために、本課題の助成期間以前に観測した雄花生産量も用いた。葉現存量あたりの幹生産量で表される生産効率を幹生産の指標として解析に用いた。京都府の調査林分では、2022年6月~2023年12月の落下雄花採取時にハンディー型土壌水分計(Hydro Sense, Campbell Scientific Inc.)を用いて表層土壌(0-12cm)の体積含水率を測定した。

4. 研究成果

(1)約20年間の観測を行った京都府の二次林5林分(京都市の3林分と綾部市の2林分)では、梅雨明け日(平年値)の前後に設定した期間における平均気温および降水量の合計値を気象条件として設定し、目的変数である当年の雄花生産量に対して、説明変数とした前年の気象条件をステップワイズで変数選択を行うことにより雄花生産量の予測モデルを作成した。京都市と綾部市の林分では、それぞれ2005年または2006年から観測を開始しており、2023年までの約20年間のデータを用いて解析を行った。その結果、京都市の3林分では梅雨明け前後4週間または梅雨明け後4週間の平均気温と、梅雨明け前後1週間または4週間の降水量、また、綾部市の2林分では梅雨明け前後6週間の平均気温と梅雨明け前後4週間の降水量が各林分の雄花生産量に

強い影響を及ぼしていることが示唆された。また、2023年までの約20年間に雄花生産量が増加傾向を示すか否かについて解析した結果、明らかな傾向は認められなかった。この結果から、ヒノキ雄花の生産量が気温上昇に伴って増大しないことが予想された。

高知市の人工林における2006年～2008年および2017年～2022年の9年間の雄花生産量は、梅雨期の日降水量の平年値が最大となる日の前後6週間の降水量が多いほど少ない傾向が認められた。一方で、梅雨期から夏にかけての期間における気温による影響は認められなかった。多雨地域の高知県の林分であっても、ヒノキの花芽分化が降雨によって抑制されることが示唆された。全国的に暑夏となった2013年は、高知県四万十市で日最高気温の国内最高記録(当時)41.0が記録された。翌2014年には高知県津野町の調査林分における雄花生産量が、過去の豊作年の3倍以上の値を示した(稲垣ら2016)。これらの知見から、酷暑の夏に降水量が少なく水分ストレスが強まると、非常に多くの雄花が生産されることが示唆された。

以上の結果から、ヒノキの雄花生産に気象条件が及ぼす影響は地域によって異なることが示唆された。花芽形成期の気温が高いほど雄花生産を促進する効果がある一方で、降水量には抑制効果があることが示された。このことから、気温上昇環境下におけるヒノキの花芽形成期の気象条件として、降水量の影響がより一層重要になると考えられる。また、花粉症対策として求められている花粉飛散予測精度の向上のためには、ヒノキ雄花の花芽形成が気象条件の影響を最も強く受ける時期を絞り込むことが重要と考えられた。

(2) 京都府の天然更新した二次林では、2005年または2006年以降に観測を開始した京都市の3林分と綾部市の2林分、2009年以降に観測を始めた京都市の7林分における2023年までの期間の雄花生産量は、年変動および変動幅が林分によって異なった。期間最大値を示した年と林分数は、2023年が4林分、2009年が6林分、2012年と2020年が各1林分であった。期間最大値は、京都市の10林分が17.6～82.6g m⁻²、綾部市の2林分が73.3～92.1g m⁻²を示し、最小値は京都市と綾部市でそれぞれ0.3～3.5g m⁻²、1.1～4.6g m⁻²を示した。最小値に対する最大値の比は16.7～80.7倍と豊凶差が大きく、また林分によって変動幅が異なった。2017年から観測を開始した京都市の人工林1林分では、2019年に最大を示し、次いで2023年に大きい値を示した。最大値と最小値がそれぞれ72.4g m⁻²、15.6g m⁻²を示し、京都市の二次林と比べて最小値が大きく、豊凶差(4.7倍)が小さかった。

これら京都市と綾部市の計13林分において、林分ごとの雄花生産量の期間平均値と表層土壌(0-12cm)の体積含水率の平均値との間には有意な正の相関が認められ($p < 0.01$)、土壌水分が多い林分ほど雄花生産量が大きい傾向を示した。また、雄花生産量と表層土壌(0-5cm)のCN比との間に有意な負の相関が認められた($p < 0.01$)。これまでに、京都および高知の6地点における3年間の観測から、土壌の窒素資源量が大きい林分ほど豊作年に雄花生産量が大きい傾向を示すことが報告されている(中西ら2008)。本研究では、雄花生産量の長期データの平均値と表層土壌のCN比の間で同様の傾向が認められた。また、雄花生産量に土壌水分の影響が認められたことから、土壌水分が高い林分ほど雄花生産量が大きい傾向を示すことが示唆される。これらの結果は、表層土壌のCN比および土壌水分はヒノキの雄花生産量の指標として有効である可能性を示唆するものである。

間伐率が異なる4林分を設定した高知県津野町の2地域では、豊凶によって間伐の影響が地域で異なった。豊作年は雄花生産量に調査区間の差が認められず、並作年には無間伐区および50%間伐区で大きい値を示した地域がある一方で、もうひとつの地域では豊凶によらず75%間伐区の雄花生産量が大きかった。これらの林分では、球果生産量も地域によって間伐の影響が異なったことから、雄花と球果への資源配分が地域によって異なり、球果への配分を優先する林分で雄花生産が抑制されることが示唆された。豊作年に雄花生産量に調査区間の差が認められなかった地域の方が土壌の窒素資源量が大きいため、窒素資源量の違いが資源配分に影響している可能性が考えられるが、さらなる調査と解析が必要である。

(3) 生産効率は京都府の天然更新した二次林12林分が124～281(平均211)、高知県では317～516(平均398)を示し、高知県の林分の方が京都府よりも高い値を示した。雄花生産量の期間平均値は京都府の林分が5.3～35.1g m⁻²、高知県が2.4～20.8g m⁻²を示し、京都府の方が高知県よりも大きく、地域で異なった。なお、京都府の人工林1林分では、生産効率と雄花生産量の期間平均値がそれぞれ483、46.1g m⁻²を示し、いずれも京都府の二次林よりも高く、生産効率は高知の平均値よりも高かった。なお、京都府の二次林12林分および高知県の間伐林分を含む11林分のいずれにおいても、生産効率と雄花生産量の間には明らかな関係は認められなかった($p > 0.10$)。高知県の林分は土壌の窒素資源量、幹生産量ともに京都府の林分よりも大きい一方で、雄花生産量が小さかったことから、地域によって幹または雄花への配分が異なることが推察された。この要因として気象条件の違いが考えられる。幹生産量と雄花生産量との関係性を評価するためには、今後調査地域および人工林の林分数を増やすなどさらなる調査が必要と考えられる。

<引用文献>

橋詰隼人(1963) ヒノキの花芽分化期および花芽の発育経過. 日林誌 45: 135-141

- 稲垣善之・倉本恵生・深田英久(2016)高知県のヒノキ人工林における豊作年の雄花・球果生産．
森林応用研究 25(2)：5-11
- Kon H, Saito H (2015) Test of the temperature difference model predicting masting
behavior. Can. J. For. Res. 45: 1835-1844
- 松原篤・坂下雅文・後藤穰・川島佳代子・松岡伴和・近藤悟・山田武千代・竹野幸夫・竹内万彦・
浦島充佳・藤枝重治・大久保公裕(2020)鼻アレルギーの全国疫学調査2019(1998年,2008
年との比較):速報-耳鼻咽喉科医およびその家族を対象として-.日耳鼻 123:485-490
- 中西麻美・稲垣善之・深田英久・柴田昌三・大澤直哉(2008)ヒノキの雄花生産量に土壤条件と
強度間伐が及ぼす影響.森林立地 50:167-173
- 佐橋紀男・岸川禮子・芦田恒雄・藤崎洋子(2014)スギ,ヒノキ花粉観測30年以上の4地点に
おける年次変動の比較.花粉誌 60:63-68
- 佐橋紀男(2009)2009年のスギ花粉前線.花粉誌 55:39-47

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 稲垣 善之・中西 麻美・深田 英久・渡辺 直史	4. 巻 20
2. 論文標題 高知県のヒノキ人工林において間伐が葉量と幹現存量の生産速度に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 森林総合研究所研究報告	6. 最初と最後の頁 277-285
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20756/ffpri.20.4_277	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Inagaki, Yoshiyuki; Nakanishi, Asami; Tange, Takeshi	4. 巻 34
2. 論文標題 A simple method for leaf and branch biomass estimation in Japanese cedar plantations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 349-356
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00468-019-01920-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中西 麻美, 稲垣 善之, 大澤 直哉, 柴田 昌三
2. 発表標題 京都府のヒノキ林における雄花生産量と気象条件
3. 学会等名 日本花粉学会第63回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西 麻美, 稲垣 善之, 大澤 直哉, 柴田 昌三
2. 発表標題 ヒノキの花粉生産は梅雨期の降水量が多いほど抑制される
3. 学会等名 第73回応用森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西 麻美, 稲垣 善之, 柴田 昌三, 大澤 直哉
2. 発表標題 群状間伐後のヒノキ林分における雄花生産の16年間の変動
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西 麻美, 稲垣 善之, 深田 英久, 大澤 直哉, 柴田 昌三
2. 発表標題 ヒノキの繁殖器官の生産に間伐が及ぼす影響の評価手法
3. 学会等名 第70回応用森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中西 麻美, 稲垣 善之, 深田 英久, 渡辺 直史
2. 発表標題 ヒノキの雄花生産に間伐が及ぼす影響 - 高知県の異なる標高域の比較 -
3. 学会等名 日本花粉学会第60回大会 (2019年)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中西 麻美, 稲垣 善之, 柴田 昌三, 大澤 直哉
2. 発表標題 小面積皆伐をしたヒノキ林分における繁殖器官の生産量の長期観測
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲垣 善之, 平井 敬三
2. 発表標題 スギ人工林における生態系サービス：花粉生産と多面的機能の比較
3. 学会等名 日本花粉学会第60回大会（2019年）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中西麻美・稲垣善之・柴田昌三・大澤 直哉
2. 発表標題 夏の気温がヒノキの雄花生産に強い影響を及ぼす時期の推定
3. 学会等名 日本花粉学会第59回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲垣善之・中西麻美・深田英久・渡辺直史・倉本 恵生
2. 発表標題 高知県の立木密度の異なるヒノキ人工林における雄花生産様式
3. 学会等名 日本花粉学会第59回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中西麻美・稲垣善之・深田英久・柴田昌三・大澤 直哉
2. 発表標題 ヒノキ林の繁殖器官の生産に間伐が及ぼす影響
3. 学会等名 第69回応用森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中西 麻美・稲垣 善之・大澤 直哉・柴田 昌三
2. 発表標題 京都市におけるヒノキの繁殖器官の生産に前年の気温と繁殖が及ぼす影響
3. 学会等名 第68回応用森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中西 麻美・稲垣 善之・大澤 直哉・柴田 昌三
2. 発表標題 ヒノキの繁殖器官の生産に前年夏の気象条件が及ぼす影響
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲垣善之・倉本恵生・中西麻美・深田英久・渡辺直史
2. 発表標題 標高の異なるヒノキ人工林における間伐が雄花および球果生産量に及ぼす影響
3. 学会等名 日本生態学会第71回全国大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	稲垣 善之 (Inagaki Yoshiyuki) (00353590)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所四国支所・主任研究員 (82105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------